



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑩ DE 195 05 176 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 B 11/00**  
G 01 D 5/38  
// G01B 103:00,B23Q  
17/22

②1 Aktenzeichen: 195 05 176.9  
②2 Anmeldetag: 16. 2. 95  
④3 Offenlegungstag: 31. 8. 95

DE 195 05 176 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
25.02.94 CH 00562/94

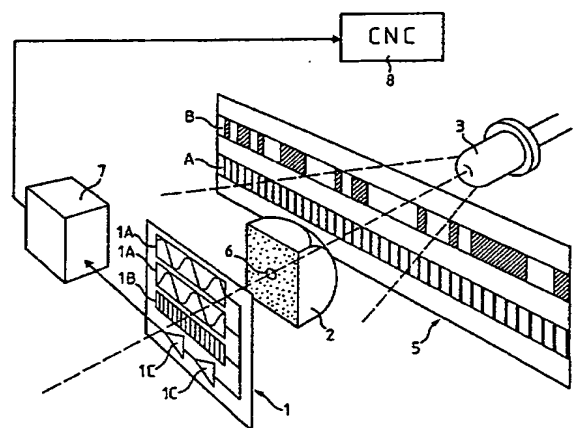
⑦1 Anmelder:  
Baumer Electric AG, Frauenfeld, CH

⑦4 Vertreter:  
K. Schaefer und Kollegen, 22043 Hamburg

⑦2 Erfinder:  
Seitz, Peter, Zürich, CH; Engelhardt, Kai, Zürich, CH

⑤4 Optischer Meßgeber

⑤7 Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Meßgebers weist eine als integrierte Schaltung (1) ausgeführten lichtsensitiven Anordnung von Flächen (1A) auf, die geometrisch so gestaltet sind, daß vier solcher Sinusflächen mit gegenseitigen Phasenwinkel von 0°, 90°, 180°, 270° angeordnet sind und daß das dazu korrelierte Muster (A), bspw. von einem Maßstab (5), für die Projektion als Gitter mit gleicher Periode wie die Sinus-Funktion ausgestaltet ist, daß beim Projizieren eines zur geometrischen Gestalt der Flächen geometrisch korreliert ausgestalteten Musters von Licht und Schatten auf die lichtsensitiven Flächen eine elektrische Signalfolge entsteht, die mit der Genauigkeit der Geometrie der integrierten Schaltung bzw. deren Flächen interpoliert und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden kann und daß zusätzliche lichtsensitiven Flächen (1B) vorgesehen sind, die geometrisch so gestaltet sind, daß beim Projizieren eines zur geometrischen Gestalt der Flächen geometrisch korreliert ausgestalteten Musters (B) von Licht und Schatten auf die lichtsensitiven Flächen eine elektrische Signalfolge entsteht, die als Zusatzcode einem Absolutwert entsprechen und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden kann und daß Mittel (1C) vorgesehen sind, um die elektrischen Signale der lichtsensitiven Flächen zu kombinieren und zu einem gemeinsamen Stellsignal zusammenzufassen. Vorzugsweise wird zur Abbildung des Absolutcodes und des Relativcodes ...



DE 195 05 176 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 07. 95 508 035/391

10/28

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Meßgeber, Längengeber, Winkelenncoder und betrifft einen optischen, vorzugsweise absolut messenden Geber.

Absolut messende Meßgeber, insbesondere Längengeber, haben ihre eigene Problematik. Eine davon ist die Erzielung einer hohen Positionsauflösung bei großen Baulängen. Große Baulängen bedeutet 1 Meter und größer. Hohe Positionsauflösung bedeutet 100 Nanometer oder weniger.

Inkrementale Meßgeber mit großen Baulängen und hoher Positionsauflösung sind, verglichen mit absoluten Meßgebern gleicher Anforderung, kostengünstig. Zur Absolutmessung muß in der Regel ein großer Zusatzaufwand getrieben werden. Beispielsweise können zwei separate Systeme kombiniert werden, die beide eine eigene Beleuchtung und eigene Detektorbausteine haben und deren gegenseitige Justage recht aufwendig ist. Ein solcher Meßgeber ist beispielsweise das Gerät "LCI" der Firma RSF. Andere Meßgeber benötigen keine zwei separaten Systeme, sie sind aber sehr teuer und kosten bis zu 15 000,— DM pro halber Meter. Ein solcher Meßgeber ist beispielsweise das Gerät "Spacer" der Firma E.M.S., der in der DE 39 09 856 beschrieben ist.

Dies bringt mit sich, daß absolute Meßgeber ab einer gewissen Größe aus hauptsächlich wirtschaftlichen Gründen nur noch eingeschränkt, also sehr gezielt einsetzbar sind. Das Ziel wäre jedoch, Präzisionsmaschinen aller Gattung, auch die kostengünstigen, mit anspruchsvollen Absolutmeßgebern ausrüsten zu können, um damit auch weniger kapitalkräftigen Firmen, wie klein- und mittelgroße Unternehmen, die Möglichkeit zu geben, auch dort zu konkurrieren, wo vorher der Markt verschlossen war.

Dieses Ziel wird durch die in den Patentansprüchen definierte Erfindung erreicht, mit welcher kostengünstige Absolut-Meßgeber großer Dimension und hoher Auflösung hergestellt und angeboten werden können.

Eine grundlegende Erkenntnis liegt unter anderem darin, die Präzision der integrierten Schaltungstechnik heranzuziehen und gezielt derart zu verwenden, daß einerseits Justageprobleme umgangen werden und andererseits die Interpolation extrem genutzt werden kann. Dazu weist der erfinderische Aufbau des Sensors einen optisch sensitiven Detektorbaustein, vorzugsweise einen photo-ASIC, auf, der auf einem Substrat angeordnet und elektrisch zusammengeschaltet eine inkrementalsensitive und eine absolutsensitive Meßspur bzw. Detektorspur aufweist, welche das darauf abgebildete optische (Code-) Muster eines bspw. herkömmlichen Maßstabes im Durchlicht oder spezielle Codemuster für Auflicht, also in Reflexion auswerten, wobei vorzugsweise zwischen optischem Muster und Detektorspuren eine Abbildungsoptik geschaltet ist. Eine spezielle Ausgestaltung der Detektorspuren erlaubt eine extreme Interpolation zur Erzielung maximaler Auflösung. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung erreicht man unter anderem eine sehr markante Miniaturisierung, die für sich schon Vorteile bieten kann.

Der erfindungsgemäße Meßgeber ist ein absolut messendes System, das im Falle eines Längengebers bei Meßlängen von bis zu mehreren Metern eine Meßauflösung besser als 100 nm erzielt. Als Maßstab kann bspw. ein herkömmlicher Glasmaßstab im Durchlicht eingesetzt werden, der eine konventionelle Inkrementalspur mit periodischer Gitterteilung parallel zu einer Absolutcode-Spur trägt. Als Absolutcode verwendet man bspw.

einen seriellen Code, vorzugsweise eine m-Sequenz. Ein Bit des Absolutcodes entspricht bei einer Positionsänderung gleich einer Periode der Inkrementalspur. Der Maßstab wird durch ein Abbildungssystem (Optik) auf einen Photodetektor vergrößert abgebildet. Ein solcher Längengeber weist drei spezifische Merkmale auf:

— Das Meßsystem ist systemtechnisch integriert und miniaturisiert aufgebaut. Beide Komponenten des Meßsystems, das Absolutmeßsystem mit geringer Auflösung und das Inkrementalmeßsystem mit hoher Auflösung, haben eine gemeinsame Beleuchtung, mit andern Worten, sie teilen das Licht der gleichen Lichtquelle, haben eine gemeinsame optische Abbildung beider Codespuren und einen gemeinsamen lichtempfindlichen Detektor, vorzugsweise einen photo-ASIC. Dadurch sind beide Einzelmeßsysteme zueinander automatisch justiert. Die Justage auf gutes Signal, die Fokussierung der Abbildung und die Verdrehung und Verkippung vom Detektor zum Maßstab wirken gleichzeitig auf beide Meßspuren. Auf diese Weise gibt es keine Winkelfehler zwischen den beiden Meßsystemen.

— Im Meßsystem kommt ein einfaches Abbildungssystem zum Einsatz, das große Toleranzen hinsichtlich des Anbaus und der Führung des Meßkopfes zur Maßstabsskala aufweist. Dies wird erreicht durch objektseitige Telezentrie und einer geringen numerischen Apertur, die gerade so groß gewählt wird, daß das inkrementale Gitter und der Absolutcode aufgelöst werden können. Dadurch wird die Abbildung mit konstantem Abbildungsmaßstab auch bei Defokussierung und maximaler Schärfentiefe erzielt. Das Abbildungssystem wird vorteilhaft als einliniges System im Spritzguß aus Kunststoff, bspw. PMMA, Polycarbonat, realisiert, mit speziellen Elementen zur Montage der Optik und rückseitig zentriert aufgebracht Farbdruktechnik. Als abbildendes Element kann auch eine planare diffraktive Linse (bspw. eine Fresnel-Linse) zum Einsatz kommen.

— Im Meßsystem wird ein spezieller photo-ASIC zur Detektion verwendet. Dieser ASIC weist einen Zeilensensor zur Abtastung des Absolutcodes auf, sowie ein spezielles Array von vier Photodioden mit örtlich sinusförmig variierender Fläche, das bei aufprojizierter Gitterteilung ein Quadratursignal des Inkrementalsystems liefert. Die Sinusfunktionen der vier Photodioden weisen gegenseitige Phasenlagen von 90° auf. Wird ein Liniengitter auf die sinusförmigen Dioden projiziert und über die vier Dioden bewegt, so resultiert durch die Differenz der Photoströme der Dioden ein Quadratursignal mit nahezu ideal sinusförmigen Einzelsignalen. Diese Signalform ist unabhängig von dem Intensitätsprofil des Liniengitters, sowie einer eventuellen optischen Defokussierung, sofern die Periode des Liniengitters gleich der Periode des Sinus der Diodenflächen ist, weil damit eine fundamentale mathematische Eigenschaft der Fouriertransformation ausgenutzt wird.

Wegen der hohen Präzision der Reproduktion geometrischer Formen, wie sie von der Herstellung integrierter Schaltungen und insbesondere der CMOS-Prozesse mit ihren immer kleiner werdenden Minimaldimensionen erreicht wird, kann die Diodenfläche praktisch perfekt örtlich gleich einer

Sinusfunktion gestaltet werden. Werden diese Photodioden so ausgebildet, daß sie mehrere Sinusperioden umfassen, so wird bei der Positionsmessung simultan ein ausgedehnter Teil der Maßstabsskala ausgewertet, so daß das Meßsystem weniger anfällig bspw. gegen Verschmutzung des Maßstabes wird. Wegen der nahezu perfekt sinusförmig modulierten Quadratursignale kann durch eine sehr hohe Interpolation die Positionsauflösung extrem gesteigert werden. Diese spezielle Ausgestaltung der Inkrementalspur kann selbstverständlich auch für rein inkrementale Geber höchster Auflösung verwendet werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird anschließend mit Hilfe einiger unten aufgeführten Figuren mehr im Detail diskutiert.

Fig. 1 zeigt das Meßprinzip mittels einer schematischen Anordnung einzelner Komponenten einer beispielsweise Vorrichtung für den Betrieb im Durchlicht durch den Maßstab.

Fig. 2 zeigt eine Detektorspur mit hoher Interpolationsmöglichkeit.

Fig. 3 zeigt eine beispielsweise Auswertungsmethode, hier die Korrelation der Absolut- und Inkrementalsignale.

Fig. 4 zeigt das Meßprinzip von Fig. 1 für den Betrieb mit Auflicht und Auswertung des Reflexlichts vom Maßstab.

Die wesentlichen Elemente eines Meßsystems gemäß Erfindung sind in Fig. 1 abgebildet. Vorzugsweise ist es systemtechnisch als integriertes und miniaturisiertes System aufgebaut. Eine integrierte Schaltung 1 hat auf ihrem Substrat einen photoempfindlichen Inkrementalmeßbereich 1A und einen photoempfindlichen Absolutmeßbereich 1B, in der Folge Zusatzflächen, die beide durch einen Schaltkreis zur Verarbeitung und Verstärkung 1C zu einem Meßsystem vereinigt sind. Als bevorzugte Ausführungsform weisen beide Komponenten des Meßsystems, das Absolutmeßsystem mit geringer Auflösung und das hochauflösende Inkrementalmeßsystem eine gemeinsame Beleuchtung auf, sie werden also durch die gleiche Lichtquelle 3 angestrahlt und haben eine gemeinsame optische Abbildung beider Codespuren, B für die absolute Position und A für die inkrementelle Verschiebung eines Maßstabes 5 auf dem gemeinsamen lichtempfindlichen Detektor 1, der vorzugsweise ein photo-ASIC ist. Die optische Abbildung kann mittels eines optischen Systems, hier als Linse 2 gezeichnet, adäquat verändert, bspw. vergrößert werden. Durch die Beleuchtung mit einer gemeinsamen Lichtquelle und Abbildung mit einem gemeinsamen optischen System und Detektion mit einem gemeinsamen Detektor sind, wie schon erwähnt, beide Einzelmeßsysteme zueinander automatisch justiert. Die Justage auf gutes Signal, also die Fokussierung der Abbildung, wirkt gleichzeitig auf beide Meßspuren. Fig. 1 zeigt noch, wie das Meß-Signal am Ausgang des Sensors auf einen Schnittstellenwandler 7 zur Signalkonditionierung geführt wird, um es dort in die übliche 5V-Standardform zur Steuerung einer Werkzeugmaschine 8 zu wandeln. Man beachte, daß bei der Verwendung einer Abbildungsoptik links/rechts und unten/oben vertauschen.

Wird jedoch nur der Schattenwurf des beleuchteten Systems benutzt, ohne Linse bzw. abbildendes System, so liegt noch keine optische Abbildung des Maßstabes auf den Detektor vor. Dann hätte man, bei gleicher Gitterperiode (von bspw. 20 µm) auch die gleichen Ab-

standstoleranzen von Detektion, wie bei einem konventionellen Längengebersystem einzuhalten.

Läßt man die Zusatzflächen 1B und die Maßverkörperung B, also den absolut messenden Teil, weg, hat man ein inkrementelles Meßsystem mit extrem hoher Interpolationsgenauigkeit. Ebenso kann man durch Umschaltung lediglich die inkrementelle Information einer Dislokation auswerten, so daß man einen Inkrementalmeßgeber wie auch einen Absolutmeßgeber hat.

Wird im Meßsystem ein zusätzliches optisches System verwendet, so wählt man vorzugsweise ein einfaches Abbildungssystem 2, das große Toleranzen hinsichtlich des Anbaus und der Führung des Meßkopfes mit Leuchtquelle, Linse und photo-ASIC zur Maßstabsskala aufweist. Dies wird erreicht durch objektseitige Telezentrierung 6 und durch eine geringe numerische Apertur, die gerade so groß gewählt wird, daß das Inkremental-Gitter und der Absolutcode aufgelöst werden können. Dadurch wird die Abbildung mit konstantem Abbildungsmaßstab auch bei Defokussierung und maximaler Schärfentiefe erzielt. Das Abbildungssystem 2 wird vorteilhaft als einliniges System im Spritzguß aus Kunststoff, bspw. PMMA, Polycarbonat, realisiert, mit speziellen Elementen zur Montage der Optik und rückseitig zentriert aufgebrachter Telezentriertlinde, bspw. durch kostengünstige Farbdrucktechnik. Als abbildendes Element kann auch eine planare diffraktive Linse zum Einsatz kommen.

Der erfindungsgemäße Sensor, hier ein ASIC, weist eine erste photosensitive Region auf, eine Art Zeilensensor zur Abtastung des Absolutcodes, sowie, wie in Fig. 2 gezeigt, eine zweite photosensitive Region in Form eines speziellen Arrays von vier ineinander verschränkten Photodioden P1, P2, P3 und P4 mit örtlich sinusförmig variierender Fläche. Dieser Sinusarray liefert bei aufprojizierter Gitterteilung ein Quadratursignal des Inkrementalsystems. Die Sinusfunktionen der vier Photodioden weisen gegenseitige Phasenlagen von 0°, Diode 1; 180°, Diode 2; 90°, Diode 3; 270°, Diode 4 auf. Wird ein Liniengitter auf die sinusförmigen Dioden projiziert und über die vier Dioden bewegt und die Differenz der Photoströme I1—I2 der 0° und 180° Dioden und I3—I4 der 90° und 270° Dioden gebildet, so resultiert ein Quadratursignal mit nahezu ideal sinusförmigen Einzelsignalen, je ein Sinus- und ein Cosinus-Signal. Diese Signalform ist unabhängig von dem Intensitätsprofil des Liniengitters, sofern die Periode des Liniengitters gleich der Periode des Sinus der Diodenflächen gewählt wird, wodurch eine fundamentale mathematische Eigenschaft der Fouriertransformation geschickt ausgenutzt wird.

Die Herstellung von integrierten Schaltungen ist eine ausgereifte Technik, die bezüglich Reproduktionen geometrischer Formen höchste Präzision erlaubt. Insbesondere mit der CMOS-Technik mit ihren immer kleiner werdenden Minaldimensionen kann die Diodenfläche praktisch perfekt örtlich gleich einer Sinusfunktion auf das Substrat aufgebracht werden. Werden diese Photodioden so ausgebildet, daß sie mehrere Sinusperioden umfassen (wie Fig. 2 zeigt), so wird bei der Positionsmessung simultan ein ausgedehnter Teil der Maßstabsskala ausgewertet, so daß das Meßsystem weniger anfällig gegen Störungen wird bspw. wegen Verschmutzung des Maßstabes. Doch der wesentlichste Vorteil liegt darin, daß wegen der nahezu perfekt sinusförmig modulierten Quadratursignale aus diesen heraus eine hohe, extrem genaue Interpolation zur Steigerung der Positionsauflösung möglich ist. Interpolationen sind ja

sehr oft Problemfälle, da bei Interpolationen stets immer ein Resultat herauskommt, nur daß man sich nicht immer darauf verlassen kann.

Für die Absolutspur B auf der Maßverkörperung, dem Maßstab 5 kann ein m-Code verwendet werden, bspw. ein 18-bit Wort. Für die Inkrementalspur wird ein äquidistantes Gitter verwendet, welches die gleiche Periodizität aufweist, wie das auf den Maßstab zurückprojizierte, streng sinusförmige Muster der vier Diodenflächen im Sensor. Das Absolutsignal wird schließlich mit dem Inkrementalsignal zum Signalwert der Absolutposition kombiniert.

Fig. 3 zeigt im oberen Teil 3.1 und 3.2 ein Beispiel für die Korrelation bzw. die Verknüpfung von Signalen der Inkremental- und Absolutspur.

Die Inkrementalspur in 3.1 besteht aus den geometrisch sinusförmigen Sensor Spuren 1A, wovon zwei schematisch gezeichnet, um 90° phasenverschobene Spuren, eine Cosinus-Spur COS und eine Sinus-Spur SIN mit dem darauf projizierten Gitter des Maßstabes, mit der gleichen Periodizität *nota bene*, abgebildet ist. Die trigonometrischen Spuren sind sich über den ersten Spalt erstreckend angedeutet, in der Tat erstreckt sich dieses Muster über so viele Spalten, wie die sinusförmigen Elektroden sich über die Länge erstrecken. Man sieht hier die Phasenverschiebung um 90° abgebildet.

Auf der Absolutspur in 3.2 erkennt man die Projektion des m-Code auf das Sensor-Gitter 1B. Mit PD<sub>1</sub> ist der binäre Wert bezeichnet, der aus der Photodiode 1 gewonnen wird. Mit PD<sub>2</sub> ist der binäre Wert bezeichnet, der aus der Photodiode 2 gewonnen wird. Dazu wird das Binärisierungsniveau so gelegt, daß es bei der Hälfte des Maximalsignals liegt. Im gezeigten Beispiel erhält PD<sub>1</sub> auf diese Weise einen anderen binären Wert als PD<sub>2</sub>.

Darunter wird in den Fig. 3.3 bis 3.7 auf die einzelnen Signalfolgen und auf die Kombination (Konjunktion) zum gewünschten Absolutsignal eingegangen.

In 3.3 dargestellten Sinus- bzw. Cosinusfunktionen S und C, bzw. deren in 3.4 dargestellten Pulsfolgen  $z' = \text{sign } C$  und  $z = \text{sign } S$ , bilden zusammen mit der Phasenfunktion  $\Phi$  die Information für die Inkrementalmessung. Die auf die oben beschriebene Weise gewonnenen binären Werte PD<sub>1</sub> und PD<sub>2</sub> in 3.6 bilden die Information für die Absolutmessung. Das entsprechende, die Absolutposition indizierende Bit b des Absolutcodes gemäß 3.7 errechnet sich dann durch die binäre Multiplikation von  $z \cdot \text{PD}_1$  für die Sinusfunktion und  $z' \cdot \text{PD}_2$  für die Cosinusfunktion, wovon in einer disjunkten Weise entweder das eine oder das andere Bit indiziert ist, je nachdem die Positionen von 3.1 zu 3.2 sich ergeben haben.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, die im Auflicht betrieben wird. Die Form des Sensors, der mit Durchlicht arbeitet, ist sehr stark von der Form des durchleuchteten Maßstabs abhängig und umgekehrt. Einen solchen Sachzwang hat man bei der Ausführungsform im Auflicht nicht. Davon befreit eröffnen sich sehr interessante Aspekte. Einer davon ist der, daß zur Erhöhung der Meßgenauigkeit gleich ein genuiner Bestandteil der Maschine als Maßverkörperung bzw. Maßstab benützt wird, mit andern Worten, das Muster, üblicherweise auf einem gesonderten Maßstab, wird direkt auf den die gewünschte Bewegung durchführenden Teil der Maschine aufgeprägt und der oder die Auflicht-Sensor/en gegenüber stationär angeordnet. Mit solch einer Ausgestaltung ist man bspw. frei von differierendem Temperaturverhalten von Maßstab und Maschine, wodurch eine weitere Ungenauigkeit eliminiert wird.

Die von den sinusförmigen lichtsensitiven Flächen erzeugten Signale sind präzise periodisch sinusförmig, man gewinnt daraus die in Fig. 3.3 gezeigte Sinus- und Cosinus-Analogsignale. Im einfachsten Fall, wenn die Grundauflösung des Meßsystems ausreicht, kann das Analogsignal durch einen Komparator in ein Rechtecksignal umgewandelt werden. Aus einer Periode entstehen so vier Zählsschritte. Soll das Analogsignal interpoliert werden, so wird eine Unterteilung der Grundperiode in kleinere Einheiten vorgenommen. Dabei hängt die Genauigkeit der Interpolation von der Genauigkeit der Grundperiode und diese von der Gestalt des analogen Sinussignals. Ist letzteres ungenau, verzerrt, so entsteht ein entsprechend ungenauer "Interpolationsmaßstab".

Durch die geometrisch präzise, die Präzision der Herstellung integrierter Schaltungen abbildenden Grundfunktion, die sinusförmigen lichtsensitiven Flächen, wird diese Präzision entsprechend auf den "Interpolationsmaßstab" übertragen.

Die hier vorgestellte Erfindung erlaubt eine rigorose Miniaturisierung der optischen Teile eines Meßgebers. Insbesondere bei der Ausführungsform nach Fig. 4, wenn die Maßverkörperung im Auflicht abgetastet wird und diese zudem Teil der Maschine ist, an welcher der Meßgeber arbeitet, ist es möglich, das Herzstück des Meßgebers förmlich in die Maschine hineinzubauen, wodurch sie praktisch integrierter Teil dieser Maschine wird und auf sämtliche Umweltbedingungen in der gleichen Form reagiert, wie die Maschine selber.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung und Verwertung einer Verschiebung eines Abtastkopfes gegenüber einer Maßverkörperung, vorzugsweise in einem optischen Meßgeber, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens eine als integrierte Schaltung ausgeführte lichtensitive Anordnung von Flächen (bspw. sinusförmig) ein zur geometrischen Gestalt der Flächen geometrisch korreliert (bspw. ein Liniengitter mit gleicher Periode) ausgestaltetes Muster von Licht und Schatten projiziert wird, wobei die lichtensitive Anordnung von Flächen geometrisch so gestaltet wird, daß beim Projizieren von Licht und Schatten des korreliert ausgestalteten Musters auf diese Flächen durch deren Lichtsensitivität eine elektrische Signalfolge derart entsteht, daß sie mit der Genauigkeit der Geometrie der integrierten Schaltung bzw. deren lichtsensitiven Flächen interpoliert werden kann und wird und als das Maß der Bewegung ausdrückendes Meß- oder Stellsignal zur Verfügung gestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß lichtensitive Zusatzflächen geschaffen werden, die geometrisch so gestaltet werden, daß beim Projizieren eines weiteren, zur geometrischen Gestalt der Flächen geometrisch ausgestalteten Musters von Licht und Schatten auf die lichtsensitiven Zusatzflächen eine elektrische Signalfolge entsteht, die als Zusatzsignal einem Absolutwert entsprechen und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Signale der lichtsensitiven Flächen kombiniert und zu einem gemeinsamen Stellsignal zusammengefaßt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Gestalt der

lichtsensitiven Flächen gemäß einer zyklischen Funktion ausgeführt wird und daß das dazu korrelierte Muster für die Projektion als ein Gitter mit gleicher Periode wie die zyklische Funktion ausgestaltet und projiziert wird und daß die elektrische Signalfolge linear interpoliert und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Gestalt der lichtsensitiven Flächen gemäß einer Sinusform ausgeführt wird, daß vier solcher Sinusflächen mit Phasenwinkeln  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  zueinander angeordnet werden und daß das dazu korrelierte Muster für die Projektion als ein Gitter mit gleicher Periode wie die Sinus-Funktion ausgestaltet und projiziert wird und daß die in den vier lichtsensitiven Flächen entstehende elektrische Signalfolge linear interpoliert und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die lichtsensitiven Flächen zu projizierende Muster mittels einer Abbildungsoptik maßstäblich linear verändert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das zu projizierende Muster im Durchlicht erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das zu projizierende Muster im Auflicht und durch Reflexion oder Beugung an diffraktiven optischen Strukturen oder optisch streuenden Strukturen erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das zu projizierende Muster in einen Maschinenteil eingepreßt wird oder an einem solchen angeordnet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Absolutcode und der Relativcode (Inkrementalcode) durch eine gemeinsame Optik auf einen gemeinsamen Sensor, vorzugsweise eine integrierte Schaltung mit Sensorflächen, projiziert werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß objektseitig ein telezentrisches optisches Abbildungssystem, welches durch Optimierung der Telezentrie-Blendenöffnung (maximal) unempfindlich gegenüber Defokussierung wird und trotzdem eine hohe Lichtausbeute gewährt, verwendet wird.

12. Optischer Meßgeber mit einer Lichtquelle (3) und mindestens einer als integrierte Schaltung (1) ausgeführten lichtsensitiven Anordnung von Flächen (1A), die geometrisch so gestaltet sind, daß beim Projizieren eines zur geometrischen Gestalt der Flächen geometrisch korreliert ausgestalteten und abgestimmten Musters (A) von Licht und Schatten auf die lichtsensitiven Flächen (1A) eine elektrische Signalfolge entsteht, die mit der Fertigungsgenauigkeit der Geometrie der integrierten Schaltung bzw. deren Flächen interpoliert und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden kann.

13. Optischer Meßgeber nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß er lichtensitive Zusatzflächen (1B) aufweist, die geometrisch so gestaltet sind, daß beim Projizieren eines weiteren, zur geometrischen Gestalt der lichtsensitiven Zusatzflächen (1B) geometrisch ausgestalteten Musters (B)

von Licht und Schatten auf die lichtsensitiven Zusatzflächen (1B) eine elektrische Signalfolge entsteht, die als Zusatzsignal einem Absolutwert entsprechen und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden kann.

14. Optischer Meßgeber nach Anspruch 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (1C) vorgesehen sind, um die elektrischen Signale der lichtsensitiven Flächen zu kombinieren und zu einem gemeinsamen Stellsignal zusammenzufassen.

15. Optischer Meßgeber nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Gestalt der lichtsensitiven Flächen (1A) eine Sinusform aufweist, daß vier solcher Sinusflächen derart zueinander angeordnet sind, daß die Winkel  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  entstehen und das das dazu korrelierte Muster der Maßverkörperung (5) für die Projektion als Gitter (A) mit gleicher Periode wie die Sinus-Funktion ausgestaltet ist, so daß die in den vier lichtsensitiven Flächen entstehende elektrische Signalfolge linear interpoliert und als Meß- oder Stellsignale weitergegeben werden kann.

16. Optischer Meßgeber nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der lichtsensitiven Fläche und dem zu projizierende Muster einer Maßverkörperung (5) eine Abbildungsoptik (2), vorzugsweise ein telezentrisches optisches Abbildungssystem mit einer Telezentrie-Blendenöffnung (6), angeordnet ist.

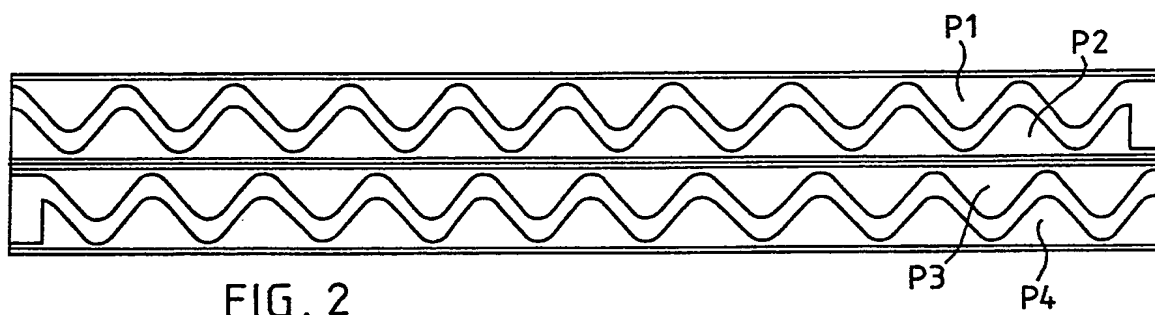
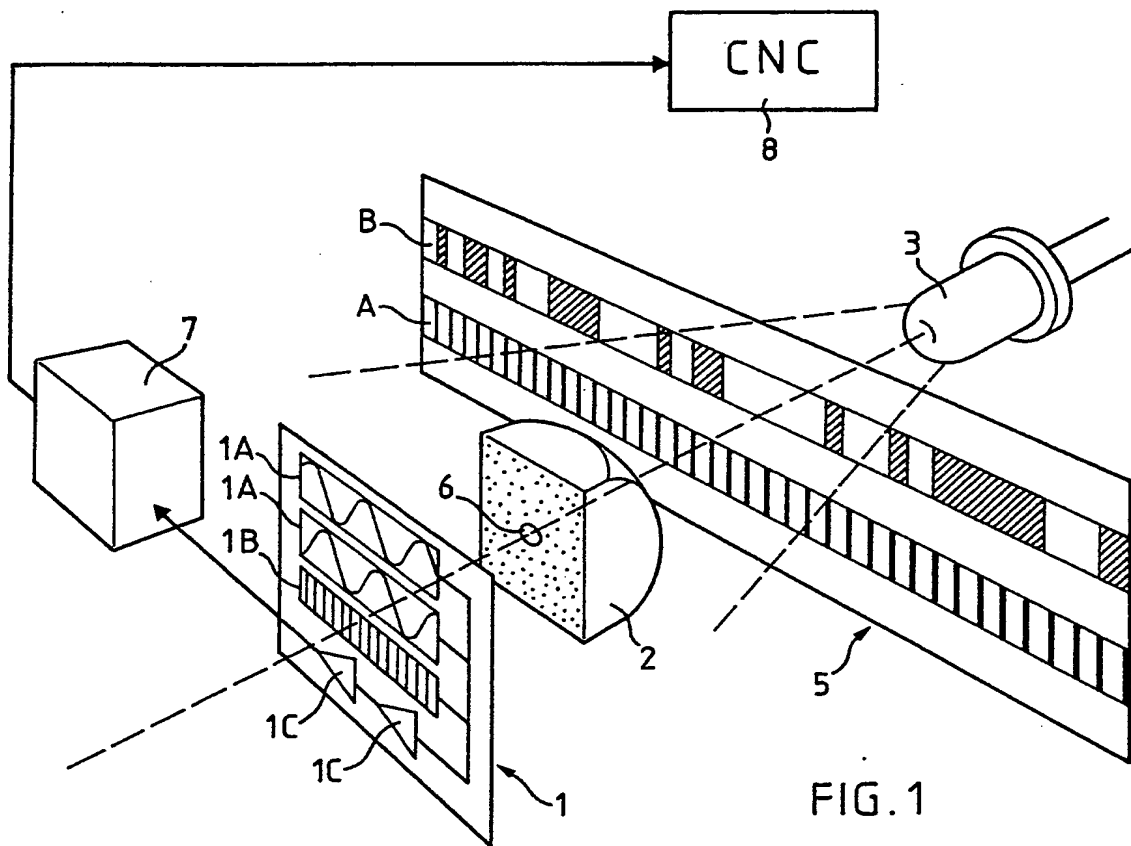
17. Optischer Meßgeber nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abbildung des Absolutcodes und des Relativcodes (Inkrementalcode) eine gemeinsame Optik (2) und ein gemeinsamer Sensor (1) vorgesehen sind, der Sensor ist vorzugsweise als eine integrierte Schaltung mit Sensorflächen ausgebildet.

18. Optischer Meßgeber nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß objektseitig ein telezentrisches optisches Abbildungssystem (2,6), welches durch Optimierung der Telezentrie-Blendenöffnung (6) unempfindlich gegenüber Defokussierung wird und trotzdem eine hohe Lichtausbeute gewährt, verwendet wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---



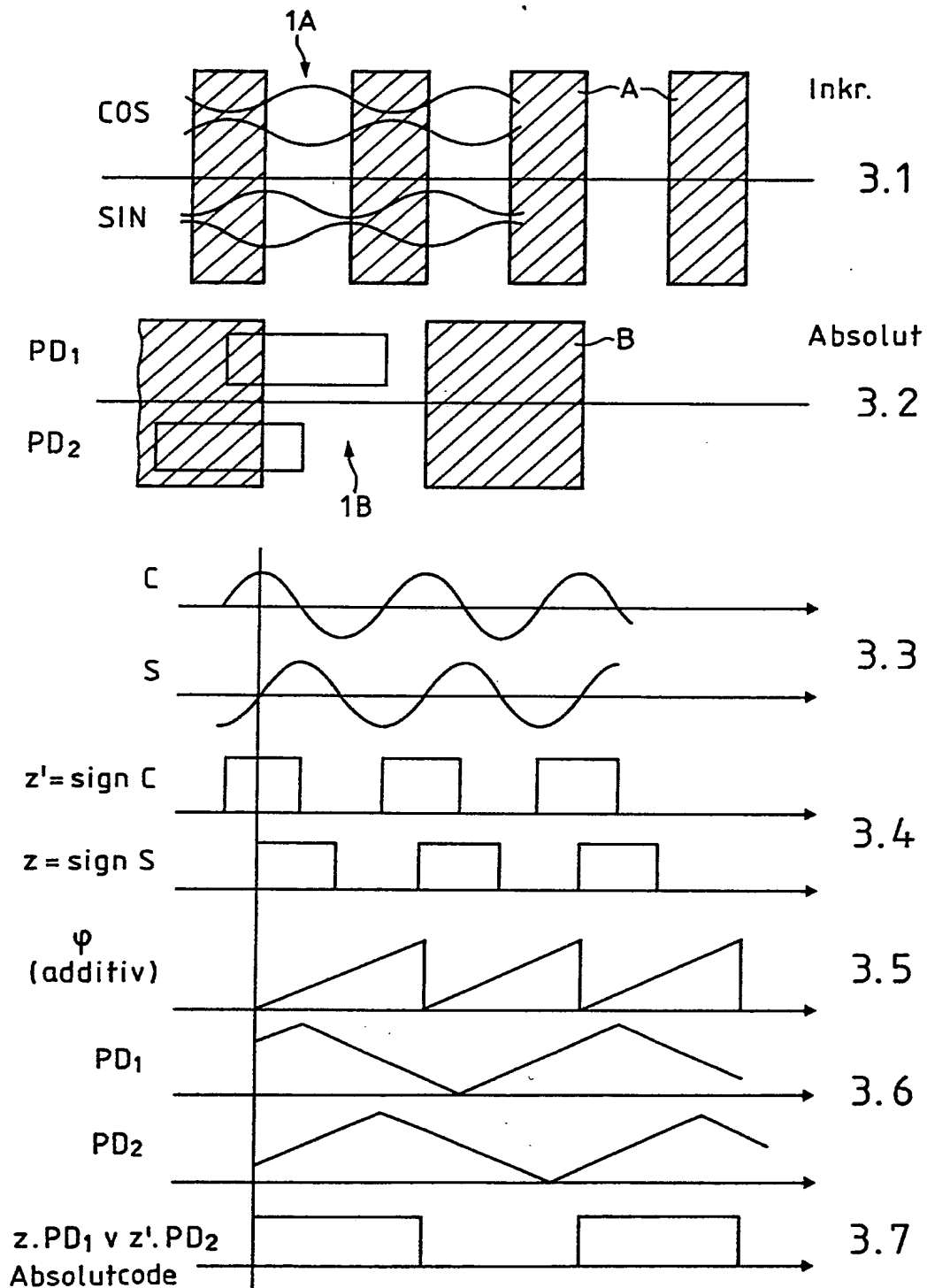
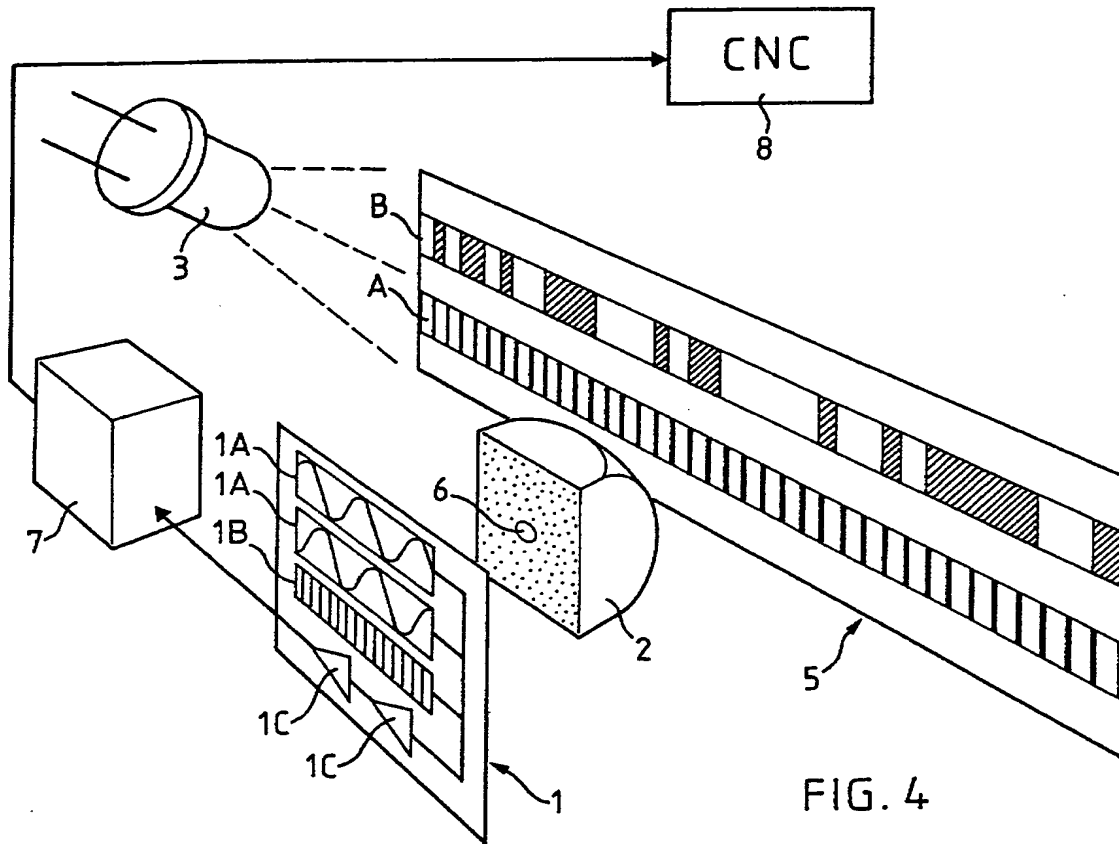


FIG. 3





**Optical measurement sensor with vernier scale readout from IC**

Patent Number: DE19505176  
Publication date: 1995-08-31  
Inventor(s): SEITZ PETER (CH); ENGELHARDT KAI (CH)  
Applicant(s): BAUMER ELECTRIC AG (CH)  
Requested Patent: DE19505176  
Application Number: DE19951005176 19950216  
Priority Number(s): CH19940000562 19940225  
IPC Classification: G01B11/00; G01D5/38; G01B103/00; B23Q17/22  
EC Classification: G01D5/36C, G01D5/245C1, G01D5/347B2  
Equivalents: CH690971, JP7286861

**Abstract**

The optical measurement sensor contains an integrated circuit (1) with light sensitive surfaces (11) which are geometrically arranged so as to produce four sinusoidal surfaces at phase angles of 0 deg., 90 deg., 180 deg. and 270 deg. The correlated pattern (A), for example a ruler (5) projects a grating with the same period as the sinusoids of the integrated circuit (1). By projecting the form on the IC (1), the signals from the surfaces (1A) are correlated to generate a signal sequence with the accuracy of the IC dimensions, allowing interpolation with the light sensitive surfaces.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

CONFIDENTIAL  
NO DISCLOSURE  
TO THE PUBLIC  
WITHOUT THE  
WRITTEN  
AUTHORIZATION  
OF THE  
OFFICE OF  
TECHNICAL  
SERVICES  
U.S. DEPARTMENT  
OF COMMERCE  
WASHINGTON, D.C.  
20548

DOCKET NO: AR-R14  
SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
APPLICANT: Anton Rodi  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**